

Dossier: Análisis espacial e investigación cuantitativa con Tecnologías de la Información Geográfica

Construcción cuantitativa de mapas de aptitud climática mediante evaluación multicriterio y Sistemas de Información Geográfica

Florencia Cecilia Trabichet

Universidad Nacional de Luján. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).
E-mail: flortrabichet@gmail.com

Recibido: 24/06/2022; Aceptado: 15/07/2022; Publicado: 31/07/2022

Resumen

El presente trabajo tiene como objetivo caracterizar la aptitud climática de la provincia de Catamarca para la producción de nuez pecán en función de tres variables climáticas utilizando Sistemas de Información Geográfica (SIG). Se emplearon como fuentes de datos las variables BIO5, BIO6 y BIO12 del modelo WorldClim. Se realizó una clasificación fuzzy de las variables para determinar su aptitud en función de los requerimientos del cultivo y un promedio de las tres capas para obtener el mapa promedio climático. La metodología aplicada permitió determinar que la provincia de Catamarca cuenta con aproximadamente un 19% de tierras aptas para la producción de nogal pecán.

Palabras clave: lógica fuzzy, EMC, pecán.

Quantitative construction of climatic suitability maps through multi-criteria evaluation and Geographic Information Systems

Abstract

The aim of this work is to characterize the climatic suitability of the province of Catamarca for the production of pecan nuts based on three climatic variables using Geographic Information Systems (GIS). The variables BIO5, BIO6 and BIO12 of the WorldClim model were used as data sources. A fuzzy classification of the variables was carried out to determine their suitability based on the crop requirements and an average of the three layers to obtain the average climatic map. The methodology applied allowed to determine that the province of Catamarca has approximately 19% of land suitable for the production of pecan walnut.

Keywords: fuzzy, EMC, pecan walnut.

1. Introducción

El análisis de la aptitud de las tierras basado en los Sistemas de Información Geográfica (SIG) es una línea de análisis ampliamente utilizada para la planificación del territorio (Romano et al., 2015). A lo largo del tiempo se han desarrollado diversos enfoques de evaluación de tierras y cada uno tiene un procedimiento metodológico específico (Walke et al., 2012: 108), el más difundido es el propuesto por FAO (1976) que consta de cinco clases de aptitud: muy apto, moderadamente apto, marginalmente apto, no apto temporalmente, y permanentemente no apto (FAO, 1976; FAO, 2007).

Debido a que generalmente existen una gran cantidad de factores involucrados en la toma de decisiones, el análisis de aptitud de tierras puede definirse como un enfoque de evaluación multicriterio (EMC) (Reshmidevi, Eldho, & Jana, 2009), el cual consta de un procedimiento paso a paso que analiza la importancia relativa de diferentes opciones combinando un conjunto de criterios cuantitativos y cualitativos (Akpoti et al., 2019). Dado que los mapas de las variables que se emplean en la EMC poseen diferentes escalas de medida, es necesario que los valores contenidos en los mapas de criterios sean estandarizados o transformados a unidades comparables (Malczewski, 1999).

Para la estandarización de las variables tenidas en cuenta en cada estudio pueden utilizarse varios métodos, entre ellos el método difuso, mediante el cual los valores cuantitativos de los parámetros ambientales se convierten en variables lingüísticas de orden adecuado o no adecuado mediante funciones de pertenencia. Durante este proceso, todos los valores de los factores se asignan a una escala común (es decir, valores de 0 a 1) (Feng et al., 2017). El método difuso ha sido ampliamente adoptado en el análisis de aptitud de tierras (Akpoti et al., 2019) y permite realizar una estandarización generando mapas que representan las transiciones graduales del espacio (A. Ceballos-Silva & López-Blanco, 2003).

El presente trabajo tiene como objetivo caracterizar la aptitud climática de la provincia de Catamarca para la producción de nuez pecán en función de las variables temperatura mínima del mes más frío, temperatura máxima del mes más cálido y precipitaciones anuales, mediante el uso de SIG y aplicando estandarización fuzzy, con la finalidad de generar una herramienta para la planificación espacial de la producción de nuez pecán.

2. Materiales y métodos

Se utilizaron como fuentes de datos las variables BIO5, BIO6 y BIO12 del modelo WorldClim (www.worldclim.org); estas variables se corresponden con la temperatura máxima del mes más cálido, la temperatura mínima del mes más frío y las precipitaciones anuales, respectivamente (promedios históricos para el periodo 1970-2000). Estas capas cuentan con una resolución espacial de 30 segundos (0,93km x 0,93km en el Ecuador) y un sistema de referencia WGS84: EPSG2346; los datos de temperaturas se presentan en grados celcius (°C) y las precipitaciones anuales en milímetros. También se utilizó la capa vectorial (polígono) de la provincia de Catamarca (IGN, 2018) para recortar las capas de variables climáticas según los límites del área de estudio.

Se realizó una estandarización por lógica fuzzy de las capas de las variables climáticas utilizando el módulo Model Deployment tools>Fuzzy del Software IDRISI, y aplicando la función sigmoidea simétrica, la cual consta de cuatro puntos de inflexión: a, b, c y d. Los puntos de inflexión para cada una de las variables fueron determinados de acuerdo a los requerimientos del cultivo y se describen a continuación:

- Tmax: temperatura máxima del mes más cálido (°C): a=18,3; b=23,9; c=27; d=41.
- Tmin: temperatura mínima del mes más frío (°C): a=0,6; b=7; c=7; d=10.

- Pp: Precipitaciones (mm): a=760; b=1000; c=1300; d=2010.

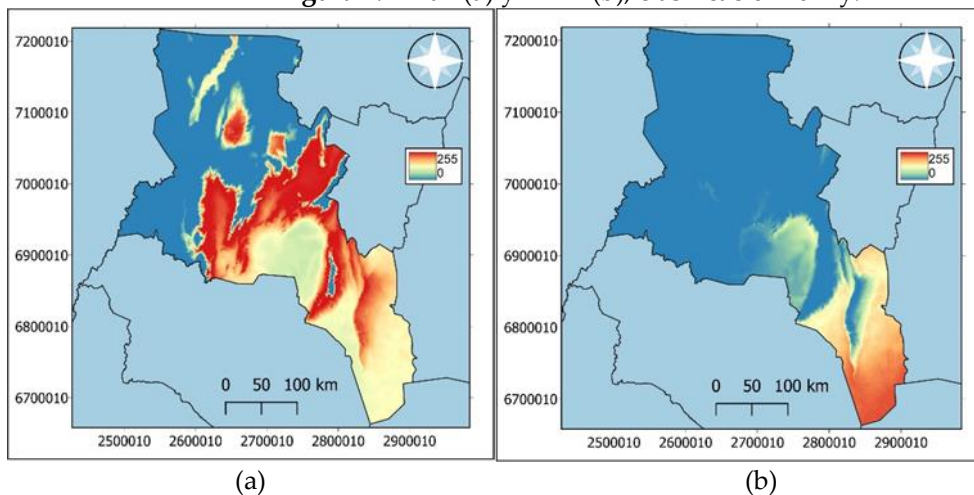
Una vez realizada la estandarización, se calculó el promedio entre las tres capas utilizando la calculadora ráster de IDRISI, con el objetivo de obtener una capa síntesis que represente el promedio de las aptitudes para las tres variables (de 0 a 255). Utilizando el software QGIS 3.10.4 se re proyectaron las capas obtenidas al sistema Posgar 2007 Argentina Faja 2. Posteriormente la capa promedio fue reclasificada en 5 intervalos de aptitud asignándoles índices según los niveles de aptitud propuestos por FAO (1976).

3. Resultados

A continuación, se presentan los mapas de las tres variables estandarizadas por lógica fuzzy. Los valores cercanos a 0 corresponden a los valores más bajos de aptitud, mientras que los cercanos a 255 a los valores más altos de aptitud, para cada una de las variables.

En las figuras 1a y 1b se observa la distribución de la aptitud para las variables Tmax y Tmin. En ambas figuras se destaca la prevalencia de las áreas con baja aptitud, caracterizada por las gamas de los colores azules, verdes y amarillos, si bien en el caso particular de la variable Tmax se observa la presencia de áreas con valores de aptitud altos caracterizados por los colores rojos y anaranjados distribuidos en el centro de la provincia.

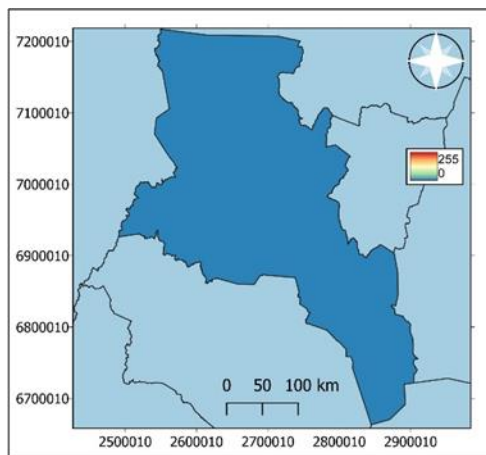
Figura 1. Tmax (a) y Tmin (b), clasificación fuzzy.



Fuente: elaboración propia.

En la figura 3 a continuación se observa el mapa fuzzy de las precipitaciones, como se puede ver la totalidad del área de la provincia presenta aptitud 0 (cero) con respecto a esta variable, debido a que los valores de precipitaciones de la provincia se encuentran por debajo del mínimo de 760 mm anuales.

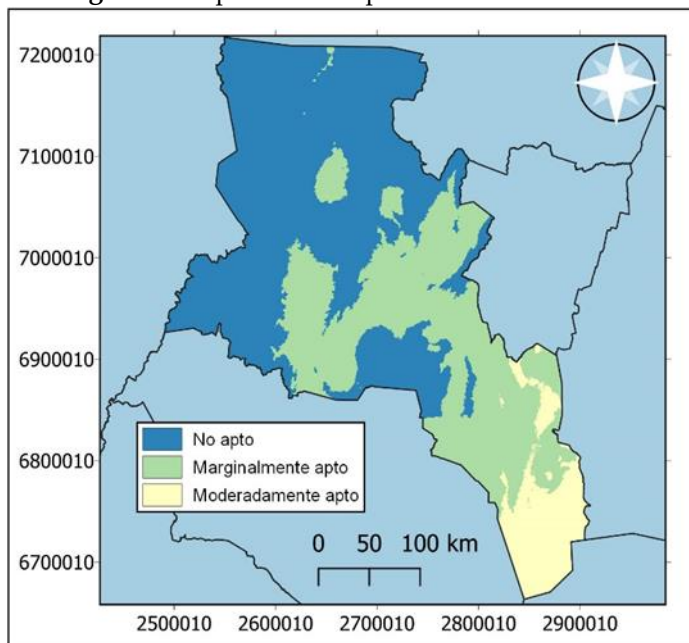
Figura 3: Pp, clasificación fuzzy



Fuente: elaboración propia.

En la figura 3 a continuación se presenta el mapa del promedio climático, reclasificado en 5 clases de aptitud: muy apto, apto, moderadamente apto, marginalmente apto y no apto. Como se observa en el mapa, la provincia de Catamarca solo cuenta con las tres categorías más bajas de aptitud en relación al promedio de las tres variables empleadas en este estudio. Al hacer un cálculo de las áreas para cada categoría, se encuentra que la provincia cuenta con: 9233,1 km² de áreas moderadamente aptas, 38221 km² de áreas marginalmente aptas, y alrededor de 55000 km² de áreas no aptas.

Figura 4. Mapa climático promedio reclasificado.



Fuente: elaboración propia.

4. Conclusiones

La metodología aplicada en este trabajo permitió determinar que la provincia de Catamarca cuenta con un total de 9233,1 km² aptos para la producción de nogal pecán en función de las variables seleccionadas y de la estandarización fuzzy aplicada a las mismas. Las áreas con mejores índices de

aptitud modeladas en este trabajo se corresponden con la categoría moderadamente apto; esta categoría implica que las condiciones no serían las óptimas para el desarrollo del cultivo, por lo cual podrían darse disminuciones en el rendimiento potencial del mismo. En las áreas marginalmente aptas y no aptas no es recomendable la producción de este cultivo ya que las condiciones climáticas resultarían sumamente desfavorables para que el mismo tenga una performance adecuada.

Por último se considera importante destacar que estos resultados podrían modificarse si en una próxima ampliación de esta línea de trabajo se aplicaran ponderaciones a las capas climáticas involucradas; de esta forma, por ejemplo, podría asignarse un menor peso en la combinación lineal ponderada a las precipitaciones, ya que la limitante climática que esta variable representa puede ser compensada o eliminada en la práctica mediante la implementación de sistemas de riego, siempre y cuando existan fuentes de agua disponibles.

Referencias bibliográficas

- Akpoti, K., Kabo-bah, A. T., & Zwart, S. J. (2019). Agricultural land suitability analysis: State-of-the-art and outlooks for integration of climate change analysis. *Agricultural Systems*, 173(February), 172–208. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.02.013>
- Ceballos-Silva, A., & López-Blanco, J. (2003). Delineation of suitable areas for crops using a Multi-Criteria Evaluation approach and land use/cover mapping: A case study in Central Mexico. *Agricultural Systems*, 77(2), 117–136. [https://doi.org/10.1016/S0308-521X\(02\)00103-8](https://doi.org/10.1016/S0308-521X(02)00103-8)
- FAO. (1976). A framework for land evaluation. *Soils Bulletin* 32. Roma.
- Feng, Q., Chaubey, I., Engel, B., Cibin, R., Sudheer, K. P., & Volenec, J. (2017). Marginal land suitability for switchgrass, *Miscanthus* and hybrid poplar in the Upper Mississippi River Basin (UMRB). *Environmental Modelling and Software*, 93, 356–365. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2017.03.027>
- IGN. (2018). Provincias. Retrieved April 15, 2019, from <http://ign.gov.ar/NuestrasActividades/InformacionGeoespacial/CapasSIG>
- Malczewski, J. (1999). GIS and multicriteria decision analysis. John Wiley and Sons. New York, NY, USA.
- Reshmidevi, T. V., Eldho, T. I., & Jana, R. (2009). A GIS-integrated fuzzy rule-based inference system for land suitability evaluation in agricultural watersheds. *Agricultural Systems*, 101(1–2), 101–109. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2009.04.001>
- Romano, G., Dal Sasso, P., Trisorio Liuzzi, G., & Gentile, F. (2015). Multi-criteria decision analysis for land suitability mapping in a rural area of Southern Italy. *Land Use Policy*, 48, 131–143. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2015.05.013>
- Walke, N., Obi Reddy, G. P., Maji, A. K., & Thayalan, S. (2012). GIS-based multicriteria overlay analysis in soil-suitability evaluation for cotton (*Gossypium* spp.): A case study in the black soil region of Central India. *Computers & Geosciences*, 41, 108–118. <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2011.08.020>



Esta obra se encuentra bajo Licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0. Internacional. Reconocimiento - Permite copiar, distribuir, exhibir y representar la obra y hacer obras derivadas siempre y cuando reconozca y cite al autor original. No Comercial – Esta obra no puede ser utilizada con fines comerciales, a menos que se obtenga el permiso.